



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

EFICACIA DEL MERCADO DE CAPITALES COLOMBIANO EN LA DETERMINACIÓN
DEL
VALOR DE LAS EMPRESAS QUE COTIZAN EN BOLSA

Alexander Cárdenas Cruz

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Administración de Empresas
Bogotá, Colombia
2019

EFICACIA DEL MERCADO DE CAPITALES COLOMBIANO EN LA DETERMINACIÓN
DEL
VALOR DE LAS EMPRESAS QUE COTIZAN EN BOLSA

Alexander Cárdenas Cruz

Tesis o trabajo de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de
Magíster en Administración de Empresas

Director
Doctor, Gustavo Adolfo Acuña Corredor

Línea de Investigación
Finanzas

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Administración de Empresas
Bogotá, Colombia
2019

Resumen

La formación de precios de acciones en el mercado de valores responde, como en cualquier otro mercado, a la ley de oferta y demanda. Los precios de los activos financieros se determinan por el cruce de voluntades, de la parte vendedora con la parte compradora, y cuando en el proceso de negociación se encuentra el precio de transacción, se formaliza el mercado.

La presencia de dos fuerzas que determinan el precio de los activos, no implica que las decisiones se hayan tomado teniendo en cuenta la mayor información disponible, o que todos los agentes dispusieran de las herramientas para tomar las decisiones. Es posible pensar que estas decisiones de inversión se llevaron a cabo a partir de información incompleta, o que no toda fue contemplada.

De la misma forma, la posición de los agentes en el mercado puede generar distorsiones en la formación de precios, sin que esto implique que el precio final no se pueda considerar un precio de mercado.

En este sentido, el interés es analizar empíricamente, y desde el punto de vista de la teoría de eficiencia de mercado, si los precios responden a la formación de expectativas de los agentes, o, por el contrario, sus decisiones son neutrales en la determinación de los precios del mercado, situación que justifica el desarrollo de este trabajo. Esto es crucial, puesto que la aceptación de precios justos, tal y como los proporciona el mercado, se convierten en la fuente para la valoración de empresas, toma de decisiones gerenciales y de inversión.

Se decidió evaluar formalmente la eficiencia de mercado, utilizando herramientas estadísticas. A partir del resultado, se podrá decir si en los términos aquí presentados el mercado se considera o no un mercado eficiente, teniendo en cuenta la representación teórica de Fama y otros.

La importancia de este trabajo es brindar al lector una herramienta adicional de análisis, con la que pueda abrir un mayor espectro práctico a la hora de determinar las decisiones de inversión.

Tabla de Contenido

Resumen	
¡Error! Marcador no definido.	
Introducción	5
Capítulo I. Marco Teórico.....	8
1.1 Mercados eficientes	8
1.2 Análisis estadístico de la eficiencia de mercado	17
1.2.1 Prueba estadística de correlación serial	19
1.2.2 Prueba estadística de dependencia serial BDS	20
1.2.3 Pruebas de rachas	21
1.2.4 Estructura ARMA+GARCH.....	24
Capítulo II. Entorno de mercado	26
2.1 El mercado de Capitales en Colombia	26
2.2 Tamaño del mercado y participación de los agentes	31
2.2.1 Participación de los agentes en el mercado de acciones	32
2.3 Índice de capitalización de la Bolsa de Valores de Colombia – COLCAP	33
2.4 Información privilegiada y manejo de información en Colombia	38
Capítulo III. Aplicación de conceptos y presentación de resultados.....	40
3.1 Modelo y pruebas estadísticas de mercado eficiente	40
Conclusiones	48
Bibliografía	52

Anexos
Gráficas y tablas

Gráfica 1. PIB total y financiero Colombia 2006 – 2018 proyectado.....	27
Gráfica 2. Tasas de intervención Banco de la República	28
Gráfica 3. Negociación de acciones como porcentaje del PIB 2010 – 2017.....	29
Gráfica 4. Fondos de inversión colectiva, como porcentaje del PIB 2010 – 2018	30
Gráfica 5. Participación de los agentes en el mercado de renta variable	33
Tabla 1. Empresas colombianas por capitalización bursátil	37
Tabla 2. Prueba de curtosis y sesgo	40
Tabla 3. Prueba BDS	42
Tabla 4. Prueba de Aleatoriedad	43
Tabla 5. Estimación modelo AR(1)+GARCH(1,1)	46

Introducción

El presente trabajo está orientado hacia el análisis de la eficiencia del mercado de acciones, que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia, partiendo del punto de vista de la formación de precios de las acciones, que tranzan en el entorno del mercado local, sobre cuatro de las empresas más representativas del índice COLCAP (Ecopetrol, Bancolombia, ISA y Cementos Argos), las cuales han sido seleccionadas por conveniencia, en el sentido que representan sectores líderes de la economía, y movilizan, históricamente, altos niveles de recursos como expresión de la capitalización bursátil en el mercado de capitales.

La eficiencia del mercado ha sido definida por varios autores, entre ellos Fama, quien dio inicio a la teoría de mercados eficientes en los años 70, y se refiere a tres características así:

Eficiencia débil. Los precios de los activos reflejan toda la información histórica, es decir, que comportamientos pasados de precios y volúmenes del mercado, no tendrían capacidad de predecir precios futuros de los activos.

Eficiencia semi-fuerte. Los precios de los activos estarían reflejando información pública, que pudiera generar afectaciones en los precios. Esto supone que toda la información es pública, por tanto, no es posible obtener beneficios.

Eficiencia fuerte. El precio del activo es el reflejo de toda la información disponible en el mercado: histórico de precios, volumen, información pública y privada.

El trabajo se desarrolla en el marco de una revisión teórica de la eficiencia de mercado, partiendo de la definición de eficiencia débil. Esto significa que la disponibilidad plena de información en el mercado, no deja a distorsiones por parte de los agentes, por tanto, los precios estarían en equilibrio. Así que la mejor predicción sobre la dinámica futura de los precios de un activo, se limita al tiempo presente, y no es posible obtener beneficios desde la construcción de modelos predictivos, con datos de históricos de precios y volúmenes, es decir, no es posible obtener beneficios adicionales a partir del análisis técnico.

Así también, esta teoría busca evaluar el desempeño del mercado de capitales en la asignación de la riqueza social de las empresas en la economía, entendiendo esto como un escenario en el que se den señales claras para la asignación de recursos (Malkiel & Fama, 1970).

Por lo anterior, se tendría en cuenta un mercado donde los precios de los activos reflejen, de manera adecuada, las actividades que realizan las empresas con base en su función productiva. Dicho de otra forma, un lugar en el que los precios siempre reflejan la información disponible, se conoce como un mercado eficiente (Malkiel & Fama, 1970).

Así pues, el objetivo es determinar empíricamente si el mercado colombiano exhibe una estructura eficiente, en lo referente a la dinámica del precio de las acciones, y en relación con aspectos como la información homogénea y suficiente.

En el primer capítulo de este documento, se hace una revisión de la eficiencia de mercado y los postulados de su teoría, y, una revisión de las herramientas estadísticas, que se utilizan en la práctica para medir las características o propiedades de un mercado eficiente.

En el segundo capítulo se realiza un análisis del entorno del mercado, en el cual se resumen las condiciones de la economía, y se muestran las variables que permiten llegar a identificar fundamentales económicos, sobre los que el inversionista basa su decisión, y corresponden a información disponible para los diferentes actores del mercado.

En el tercer capítulo, se muestra la aplicación práctica de los modelos estudiados, y se presentan los resultados obtenidos.

Por último, se presentan las conclusiones, recomendaciones y sugerencias sobre nuevas áreas de estudio del mercado accionario en Colombia.

Capítulo I

Marco Teórico

1.1 Mercados eficientes

La eficiencia está enfocada en el análisis de la capacidad del mercado de capitales, en revelar el precio justo de los activos con base en la información disponible (completa o incompleta). Este trabajo no pretende desarrollar modelos predictivos de precios de activos, sino identificar la capacidad del mercado colombiano en la determinación del precio de las compañías, con el fin de que se convierta en base para futuros estudios y análisis, que permitan tomar decisiones fundamentadas tanto para emisores como para inversionistas.

La eficiencia del mercado, entendida como lo proponen Malkiel y Fama (1970), representa la capacidad de reflejar los precios sobre la base de toda la información relevante.

De acuerdo con la información disponible, la hipótesis de mercado eficiente se considera de tres formas así:

La primera es la eficiencia débil, donde los precios de los activos reflejan la información contenida en secuencias históricas de precios, y los volúmenes de estos, es decir, un inversionista no podrá desarrollar una estrategia extraordinaria de rentabilidad, basada en patrones pasados, esto se conoce como análisis técnico. De esta manera, se dice que el mercado tiene comportamientos estadísticos de “caminata aleatoria”.

La segunda es la eficiencia semi-fuerte, que supone que el precio del activo refleja toda la información pasada, en el sentido de patrones y comportamientos de precios, así mismo, refleja toda aquella información que es pública y de la que se compone el análisis fundamental (estados financieros, resultados, dividendos, anuncios empresariales, entre otros). De esta manera, la eficiencia semi-fuerte no permite obtener rentabilidades excepcionales, basadas en el análisis técnico o el análisis fundamental.

La tercera es la eficiencia fuerte, en la que los precios de los activos incluyen toda la información relevante para el mercado, incluso aquella que no es pública. La eficiencia fuerte, en términos de los autores, presenta una perfecta revelación de toda la información, de tal forma que ningún inversionista podrá obtener beneficios adicionales sobre el mercado, basado en información que no es pública, o en los ejercicios de análisis técnico y análisis fundamental.

Con el desarrollo de este trabajo, no se pretende cuestionar la formación de precios en sentido puro de la oferta y la demanda, lo que se busca es evaluar la eficiencia del mercado colombiano en el sentido débil, de acuerdo a los postulados enunciados, utilizando pruebas estadísticas ampliamente reconocidas para este tipo de estudios (Worthington & Higgs, 2003), (Timmermann & Granger, 2004) y (Dorina & Simina, 2007).

En la primera parte se presenta la eficiencia del mercado desde la perspectiva de Eugene Fama, y se presentan los principales supuestos de los modelos estudiados.

Luego, se introducen las herramientas fundamentadas en la teoría estadística, que permiten explicar los resultados derivados de esta teoría.

El papel primario del mercado de capitales, es la asignación de la propiedad del capital social de la economía. En términos generales, el mercado ideal es un mercado en el que los precios proveen señales precisas, que permiten hacer la distribución de portafolios de manera eficiente (Malkiel & Fama, 1970). Para el inversionista, esto significa que el precio del activo, en este caso, incluye toda la información disponible, mientras que las empresas mantienen su estructura y funcionamiento.

Así también, desde una perspectiva estadística, la hipótesis de eficiencia de mercado está asociada a la idea del llamado “Random Walk” o “Caminata Aleatoria”, que implica, en el ámbito financiero, que en una serie de precios, el precio siguiente representa un punto de partida aleatorio de los precios anteriores (Burton, 2003).

De acuerdo con lo anterior, los precios no responden a una serie que se pueda predecir de alguna manera, y el concepto de caminata aleatoria, involucra que dichos precios se mueven por la inclusión inmediata de la información disponible acerca del activo. Además, el concepto de imprevisibilidad de las noticias hace que los precios de mañana no tengan que ver con el precio de hoy, por esto la base resulta de alguna manera aleatoria (Burton, 2003).

Por otra parte, si se presume que toda la información está disponible al mismo tiempo para todos los inversionistas, no se debe generar una ventaja para ninguno y, en

teoría, la afectación de precios es la misma para todos los individuos, permitiendo que en situaciones de igualdad los precios tengan formaciones aleatorias.

Realizar un test de hipótesis de eficiencia de mercados (HME), de acuerdo con Timmermann y Granger (2004), se dificulta en la medida en que se deben evaluar al menos cinco factores diferentes, estos son:

1. Pruebas estadísticas de desempeño en modelos de pronóstico. Resulta difícil escoger el mejor o el que más se adecue al activo seleccionado.
2. Dificultades en seleccionar combinaciones sobre modelos de pronóstico.
3. Los costos de adquirir la información particularmente, información de uso no público.
4. Identificar el impacto de aquella información que no ha sido revelada y la ausencia de un modelo de “trade off”, que permita identificar las ventajas y desventajas de tomar decisiones, sobre el análisis entre flujos actuales y futuros.
5. Los costos de transacción, entendiendo todos aquellos que impactan de forma directa los precios de los activos, comisiones.

Pretender obviar de alguna manera los factores descritos anteriormente no es viable, pues rechazan o invalidan por sí solos el modelo de HME.

El tema de HME ha sido estudiado desde la década de los 60, a continuación, se presentan algunas definiciones:

Un mercado es eficiente con respecto al conjunto de información denominado Ω , si es imposible tener beneficios económicos por el comercio de esta sobre la base de la información Ω (Jensen, 1978).

Otros autores definieron el mercado eficiente, con respecto a un nivel de información Ω , así: si la información revelada a todos los inversionistas al mismo tiempo no logra afectar el precio del activo (Burton, 1989).

Así, la base de la definición de los mercados eficientes está representada en el manejo de la información, en cuanto al acceso universal de esta y la capacidad de ser usada en trading, información histórica de series de precios, volúmenes, e información relevante pública, y aquella que se considera privada y debe ser revelada a todos los inversionistas al mismo tiempo.

El tema de la información, constituye una base del modelo que ha sido estudiado por investigadores como Fama y Malkiel. Por su parte, Timmermann y Granger (2004) proponen que, un mercado de capitales es eficiente si refleja de manera plena y correcta toda la información relevante, en la determinación del precio de un activo.

De acuerdo con Fama, y como se presentó anteriormente en este trabajo, existen tres formas de interpretar la información, y corresponden a los conceptos de hipótesis de mercado eficiente: débil, semi-fuerte y fuerte.

1. Débil. Toda la información de precios, incluyendo retornos y dividendos.
2. Semi-fuerte. La misma información de la eficiencia débil sumada a toda la información pública.

3. Fuerte. La información de la eficiencia semi-fuerte sumado a la información privada. Con esta última es posible determinar un test más confiable, sobre el modelo de eficiencia del mercado en tanto que, aun si toda la información es pública para todos los agentes, siempre existirá información privada.

Los costos de hacer uno u otro, serán incrementados por la complejidad del modelo y la consecución de la información, siendo la tercera opción la menos viable por el acceso a la información privada y la de mayores costos (Jensen, 1978). Los mercados financieros tienen un elevado nivel de regulación, que penaliza el uso de información relevante, para beneficio de pocos inversionistas con acceso a ella.

Hasta este punto, lo que se tiene como premisa fuerte del modelo de HME, es la imposibilidad de arbitrar los precios en función del acceso a la información.

En general, los diferentes autores parten del mismo modelo para probar la HME. En este trabajo el soporte matemático se toma de la propuesta de Fama (1991).

$$P_t = \text{Precio Actual}$$

$$P_{t+1} = \text{Precio en el momento } t + 1$$

$$D_{t+1} = \text{Dividendo en el momento } t + 1$$

$$Q_{t+1} = \text{Factor de descuento similar a una prima de riesgo}$$

$$\Omega_1 = \text{Información que se supone totalmente reflejada en el precio en } t$$

El modelo supone además que:

$$\tilde{p}_{jt} = \text{Precio del activo } j \text{ en el momento } t$$

$$\begin{aligned}\tilde{\gamma}_{jt} &= \text{Retorno en un periodo dado} \\ \tilde{\rho}_{jt} \text{ y } \tilde{\gamma}_{jt} &\text{ son aleatorios en } t \\ E &= \text{Valor esperado por el inversionista}\end{aligned}$$

Entonces tenemos que:

$$E(\tilde{\rho}_{j\ t+i} / \Omega_t) = \left(1 + E(\tilde{\gamma}_{j\ t+i} / \Omega_t)\right) P_{jt}$$

Sabemos además que:

$$\tilde{\gamma}_{jt} = (\rho_{j\ t+1} - \rho_{jt}) / \rho_{jt}$$

Estas ecuaciones nos permiten ver que Ω_t se encuentra plenamente reflejada en el modelo.

El modelo propone la posibilidad de dar beneficios o ganancias, por encima del valor esperado.

En un modelo de caminata aleatoria se pueden dar diferentes excedentes sobre la información disponible, es decir, el exceso sobre el precio esperado. Sea X_{jt+1} este excedente entonces:

$$X_{jt+1} = \rho_{jt+1} - E(\rho_{jt+1} / \Omega_t)$$

O tener exceso sobre el retorno esperado, devolviéndolo por Z_{jt+1} , tenemos que:

$$Z_{jt+1} = Y_{jt+1} - E(Y_{jt+1}/\Omega_t)$$

Si suponemos que la información está plenamente reflejada, y que a partir de esta no se puede obtener ganancia, tenemos que:

$$E(\tilde{X}_{jt+1}/\Omega_t) = 0$$

Además, tenemos que:

$$E(\tilde{Z}_{jt+1}/\Omega_t) = 0$$

Lo anterior será denominado como “fairgame”. Para entenderlo mejor se verá como un juego en donde los inversionistas tienen la misma expectativa de ganancia, en este caso, se puede decir que esto se cumple en función de que cada inversionista, tiene acceso a la misma información acerca de los n activos susceptibles de inversión.

Esto quiere decir que el retorno esperado por el inversionista en función de la información, que se supone plenamente reflejada, es igual a 0 (Malkiel & Fama, 1970), es decir, no hay beneficios adicionales porque, como se explicó anteriormente, la información de esta forma no genera ganancias adicionales.

Así pues, X_{jt+1} es el exceso del valor de mercado del activo j en el momento $t + 1$, definido como la diferencia entre el precio esperado y el valor esperado proyectado en

t , con base en la información Ω_t . De la misma forma, $Z_{j,t+1}$ será el retorno en $t + 1$, en exceso al retorno proyectado en t (Malkiel & Fama, 1970).

Suponiendo ahora que, se conocen los montos $\alpha_j(\Omega_t)$ disponibles en t para ser distribuidos en los n activos disponibles, el exceso total generado será:

$$V_{t+1} = \sum_{j=1}^n \alpha_j(\Omega_t) [y_{j,t+1} - E(\tilde{y}_{j,t+1}/\Omega_t)]$$

De manera ampliada al supuesto de “fairgame”, se puede decir que:

$$E(\tilde{V}_{t+1}/\Omega_t) = \sum_{j=1}^n \alpha_j(\Omega_t) E(\tilde{Z}_{j,t+1}/\Omega_t) = 0$$

El modelo expone el comportamiento del mercado en una forma robusto, en el que todos los agentes tienen acceso a la misma información, y esto permitirá que el retorno esperado esté en función de otras variables diferentes a la información, y será la diferencia entre el precio en el momento t , que para la toma de decisión se supone igual a todos los inversionistas, y el valor final que dependerá de la expectativa de cada agente en particular.

Una variable de consideración, en la forma en la que los agentes deciden la evaluación de modelos de valoración de acciones, está representada en la visión

particular de ponderar, para las empresas, factores como las primas de riesgo, el riesgo país y el índice EMBI.

Diferentes consideraciones acerca de la forma de tomar la medición de estos factores, afectarán la forma de estimar el valor, por ende, los resultados esperados. Estos factores forman parte del criterio del evaluador (Damodaran, 2012).

1.2 Análisis estadístico de la eficiencia de mercado

A partir del desarrollo de la teoría sobre eficiencia de mercado de Fama (1991), comenzó a extenderse el estudio de las particularidades de los mercados de capitales, en la manera como la información trasciende a los agentes, y cómo las distorsiones inherentes en el manejo público y privado de esta información, incide en la dinámica de los precios de los activos. Un fenómeno ampliamente arraigado en los mercados emergentes.

Como se explicó anteriormente, la eficiencia de mercado en el sentido débil, semi-fuerte o fuerte, es aquel donde los rendimientos de los precios siguen una caminata aleatoria, de tal forma que es imposible prever el precio futuro del activo, basados en información de precios históricos, de volúmenes y dividendos, análisis técnico, información pública o información aún sin divulgar.

En ese contexto, la teoría estadística ha proporcionado algunas herramientas que permiten evaluar la eficiencia del mercado, en el ámbito de los mercados emergentes

como las expuestas en las investigaciones de Worthington y Higgs (2003), y, Dorina y Simina (2007), sobre las cuales se fundamenta este trabajo.

En estas investigaciones, que se extienden al estudio de economías emergentes en Latinoamérica y Europa oriental, se muestra, empíricamente, que los mercados emergentes en su gran mayoría son no eficientes. En este tipo de circunstancias, los agentes del mercado acostumbran a utilizar diferentes herramientas de origen financiero, que buscan predecir los precios, así mismo, el acceso a la información y el manejo de la misma, se convierten en factores de distorsión de los mercados.

Siguiendo los artículos relacionados anteriormente, en este apartado se presentan las pruebas estadísticas que se van a utilizar, para medir las propiedades de la eficiencia de mercado en el sentido débil, y así establecer si una secuencia de rendimientos que exhibe las propiedades de una caminata aleatoria, permite concluir probabilísticamente si una secuencia de datos es independiente y no correlacionada.

Para cada prueba estadística propuesta, se hace una presentación formal y, posteriormente, se comentan las características que se quieren evaluar respecto a la secuencia de rendimientos, en concordancia con la definición de eficiencia de mercado presentada en párrafos anteriores.

La implementación de estas estadísticas se realiza utilizando el paquete estadístico R versión 3.3.1.

1.2.1 Prueba estadística de correlación serial

Seguendo a Box y Pierce (1970), es posible evaluar estadísticamente si una secuencia de datos está o no correlacionada en el tiempo, hipótesis que puede probarse a través de la siguiente formulación.

$$Q = n(n + 2) \sum_{j=1}^k \frac{\hat{\rho}_j^2}{(n - k)}$$

Donde:

n es el tamaño de la muestra,

$\hat{\rho}_j$ es la autocorrelación muestral en el rezago j

k el número de rezagos incorporados en el análisis.

La estadística Q converge asintóticamente una distribución ji-cuadrado con k grados de libertad.

Para un nivel de significación α preestablecido, se rechaza la hipótesis nula si:

$$Q > \chi_{1-\alpha, k}^2 .$$

Con esta prueba estadística, se busca identificar si los rendimientos carecen de correlación serial, situación que implicaría que estos, o las variaciones de los precios o los valores del índice bursátil contemporáneo, fluctúen sin ninguna dependencia de la información histórica.

1.2.2 Prueba estadística de dependencia serial BDS

Otra prueba utilizada en finanzas para evaluar si una serie es independiente e igualmente distribuida (*i.i.d*), fue propuesta por Brook (et al., 1996). Por su parte Kuan (2008) describe la hipótesis nula, la cual evalúa si una secuencia es *i.i.d*, puede medirse a través de la siguiente estadística:

$$B_n(d, \epsilon) = \sqrt{n - d + 1} (C_n(d, \epsilon) - C_n(1, \epsilon)^n) / \hat{\sigma}(d, \epsilon)$$

Donde:

*$C_n(d, \epsilon)$ es una función dummy que consolida el evento donde la proximidad adyacente entre par de observaciones a una distancia d es menor que ϵ .
La estadística $B_n(d, \epsilon)$ converge asintóticamente a una normal estándar.*

La prueba se realiza especificando diferentes valores de ϵ con base en la desviación estándar estimada sobre la serie de interés; es decir, se define

$$\epsilon = k \widehat{\sigma}_r$$

Donde:

$$k = 0.75, 1.0, 1.5, 2.0;$$

Mientras que la distancia d se especifica de forma arbitraria.

Este tipo de prueba estadística evalúa la no linealidad o linealidad de la serie, también pretende medir la independencia de las observaciones analizadas.

Se completa esta prueba presentando otro conjunto de estadísticas no-paramétricas, para identificar la independencia de una secuencia de datos.

1.2.3 Pruebas de rachas

Se utilizan tres pruebas no paramétricas, para evaluar la hipótesis nula de secuencias independientes e idénticamente distribuidas.

Se describen las pruebas de aleatoriedad utilizadas a continuación:

- i. **Test de Bartlett.** Conocida también como la estadística de aleatoriedad basada en rangos.

Se define como:

$$R = \sum_{i=1}^n (R_i - R_{i+1})^2 / \sum_{i=1}^n R_{i-(n+1)/2}^2$$

Donde:

$R_i = \text{Rango}(X_i)$ es el rango de la secuencia de datos.

La estadística R se distribuye asintóticamente como una normal de la siguiente forma:

$$R \sim N\left(2, \frac{4(n-2)(5n^2-2n-9)}{5n(n+1)(n-1)^2}\right).$$

La hipótesis nula examina la existencia de aleatoriedad en contraste con la existencia de estructura, es decir, correlación serial sobre la secuencia de datos.

El criterio de rechazo es:

$$\left| \frac{R-2}{\sqrt{\frac{4(n-2)(5n^2-2n-9)}{5n(n+1)(n-1)^2}}} \right| > Z_{1-\alpha/2}.$$

- ii. **Test del signo.** La estadística tiene como objetivo revisar las diferencias consecutivas de la secuencia de datos de la siguiente forma:

$$X_2 - X_1, \quad X_3 - X_2, \dots, \quad X_n - X_{n-1}$$

Donde el interés radica primordialmente en observar las variaciones negativas y positivas.

Si el proceso es aleatorio, la proporción de signos positivos y negativos debe ser equivalente.

Por el teorema central del límite, la distribución del número de signos positivos P converge a una distribución normal si hay m diferencias desiguales de cero, es decir:

$$P \sim N\left(\frac{m}{2}, \frac{m}{4}\right).$$

Como describe Wang (2003), la estadística exacta R evalúa todas las posibles permutaciones y combinaciones de la secuencia de datos, tal que la distribución asintótica es:

$$R \sim N(\mu_2, \sigma_2^2) = N\left(\frac{(2m-1)}{3}, \frac{(16m-29)}{90}\right).$$

La región crítica es dada por:

$$\frac{|R - \mu_2|}{\sigma_2} > Z_{\alpha/2}.$$

- iii. **Test de aleatoriedad de Mann-Kendall.** Conocido también como el “**tau de Kendall**”, es una prueba estadística que mide algún grado de co-movimiento secuencial sobre los datos, se trata de una forma estadística de prever algún tipo de comportamiento que involucre tendencia.

Como muestra Wang (2003), la estadística es de la siguiente forma:

$$T = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} I_{Y_i - Y_j}$$

Donde:

$I_{Y_i - Y_j}$ es +1 o -1 si la diferencia secuencial entre los valores es positiva o negativa, respectivamente.

La estadística T converge a una distribución normal con media 0 y varianza

$$\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

bajo la hipótesis nula.

$$\text{La región crítica es } |T| > Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}}.$$

Con la aplicación de las pruebas de rachas, se pretende identificar si las observaciones presentan estadísticamente un comportamiento aleatorio, esto es, a favor de la hipótesis de eficiencia de mercado. A partir de las pruebas anteriores se busca evaluar si los datos sucesivos o consecutivos de una serie, son o no independientes.

1.2.4 Estructura ARMA+GARCH

En forma complementaria al conjunto de pruebas de hipótesis introducidas anteriormente, se evalúa si la secuencia de rendimientos, objeto de este trabajo, siguen

procesos del tipo caminata aleatoria, o por el contrario estructuras del tipo ARMA+GARCH. Este procedimiento complementa la revisión preliminar, de las definiciones básicas de mercado eficiente (independencia y ausencia de correlación serial), para estimar modelos que permitan probar si el proceso generador de datos, es realmente más complejo que simplemente una caminata aleatoria. Según Peña (et al., 2011), puede utilizarse una secuencia con la siguiente estructura:

$$\{y_t\}_{t=1}^n$$

Sigue un proceso autorregresivo de medias móviles con estructura heterocedástica, si la media y varianza del proceso pueden describirse de la siguiente manera:

$$y_t = \phi y_{t-1} + e_t, \quad e_t \sim N(0, \sigma_t^2)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha e_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + v_t, \quad v_t \sim N(0, 1).$$

Un proceso sencillo $AR(1) + GARCH(1,1)$ de manera conveniente para ilustrar el hecho mencionado.

Si se cumplen las condiciones del mercado eficiente, el modelo estimado debería seguir un proceso de caminata aleatoria, de lo contrario, se podría mostrar que existe un proceso generador de datos, capaz de replicar la dinámica de los precios del activo con un margen de error. Situación que permitiría probar empíricamente, la ausencia de las propiedades de eficiencia de mercado.

Capítulo II

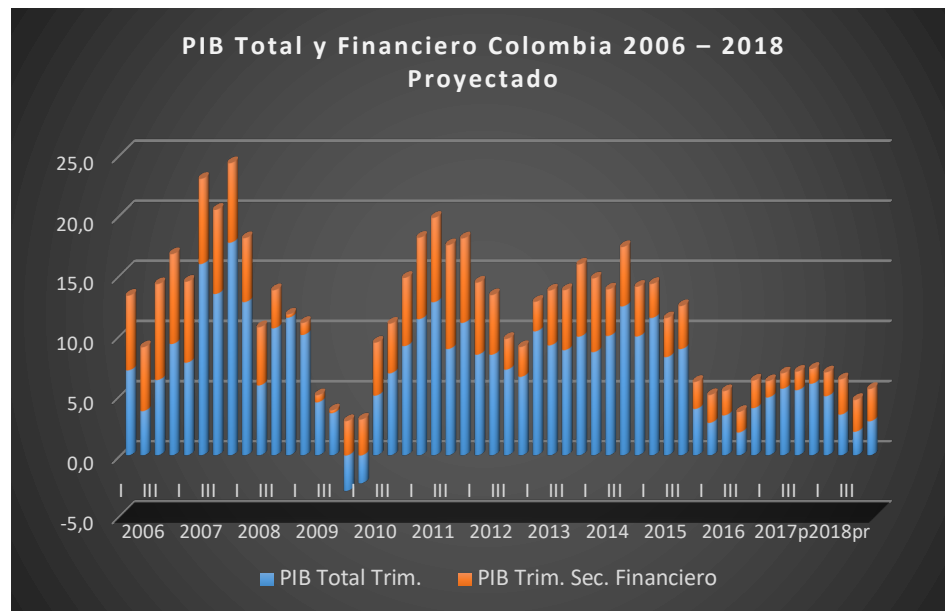
Entorno de mercado

2.1 El mercado de capitales en Colombia

El desarrollo del mercado de capitales en Colombia, abrió la posibilidad para que nuevos agentes participen activamente en los diferentes mecanismos de inversión. En el caso de las inversiones en renta variable, las inversiones en acciones se convierten en alternativas de generación de riqueza, bien sea de forma directa, como personas naturales, de fondos de inversión colectiva o a través de los fondos individuales de pensiones. Todo esto se enmarca en un escenario de confianza en la economía, con crecimiento sostenible de mediano plazo.

Colombia cerró el año 2018 con una tasa de crecimiento del PIB de 2,7% según cifras proyectadas por el DANE (2019), y tasas de interés del Banco de la República (2014) en Niveles históricamente bajos de 3.5%.

Gráfica 1. PIB total y financiero Colombia 2006 – 2018 proyectado

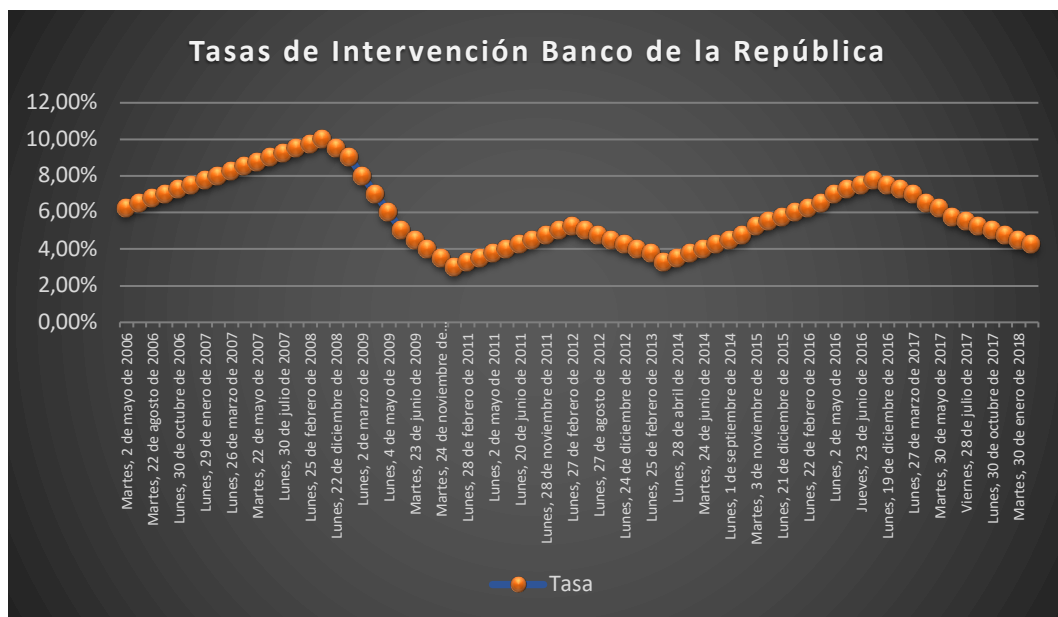


Fuente: Elaboración del autor con datos DANE (2019).

La gráfica 1 muestra el comportamiento de la economía colombiana, evidenciando una tendencia de crecimiento variable, pero positiva, aun en el periodo más difícil de la reciente crisis financiera mundial. De la misma forma se evidencia un comportamiento positivo del PIB Financiero y de Seguros, mostrando un mejor desempeño como factor apalancador del crecimiento de la economía en general.

Sin embargo, como parte de la estrategia de llevar al país a un potencial de crecimiento de la economía, el Banco de la República ha mantenido una política de tasas de interés con inflación objetivo, cerrando 2018 en 4,25%.

Gráfica 2. Tasas de intervención Banco de la República



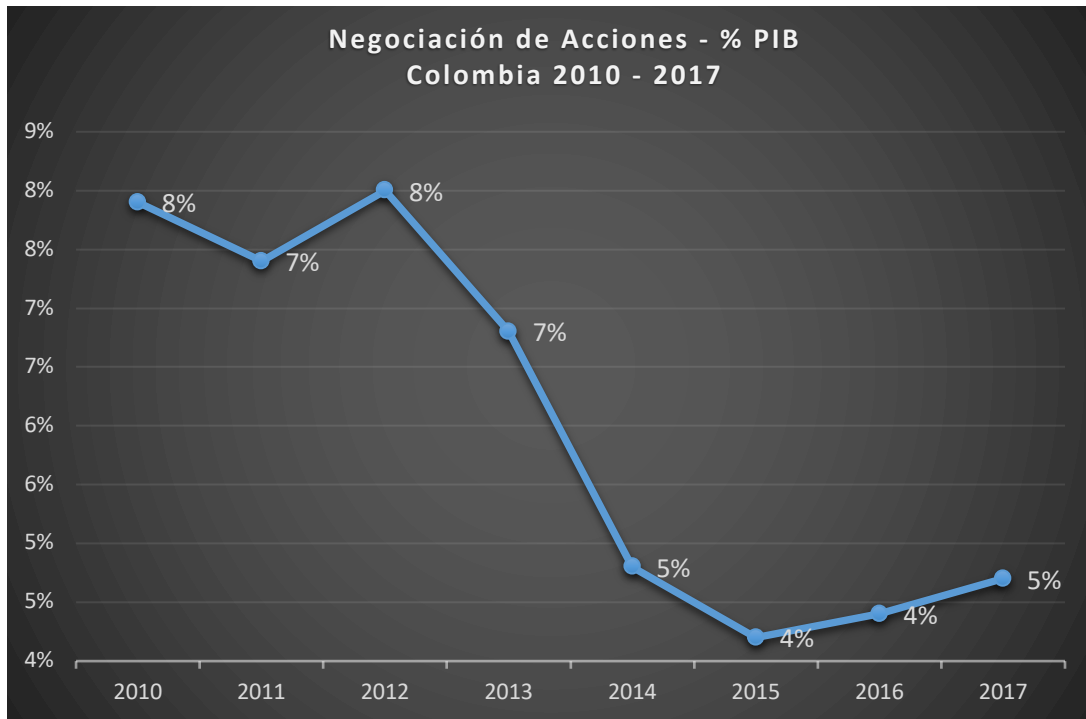
Fuente: Elaboración del autor con datos S. M. y. d. I. I. Banco de la República, Mesa de Dinero (2019).

La gráfica 2 muestra la evolución de las tasas de interés de intervención del Banco de la República, que se han utilizado como parte de una estrategia de contención de la inflación. Las tasas se mantienen en niveles bajos y podrían llegar a representar cambios coyunturales, tendientes a generar control monetario.

El cambio en la política de tasas de intervención del Banco de la República, afecta el gasto y la producción durante un tiempo, cumpliendo el objetivo primerio de la política monetaria, según el sentido de política sea expansiva o restrictiva, con objetivo primario de control de la inflación. Cuando se entiende el resultado y el objetivo de la política monetaria, se entiende que el mercado de valores no es la causa del aumento de la

producción, este aumento es la causa del cambio inicial del mercado de valores, y ambos son el resultado de cambios en la política monetaria (Blanchard, 1981).

Gráfica 3. Negociación de acciones como porcentaje del PIB 2010 – 2017



Fuente: Elaboración del autor con datos Banco Mundial (2019).

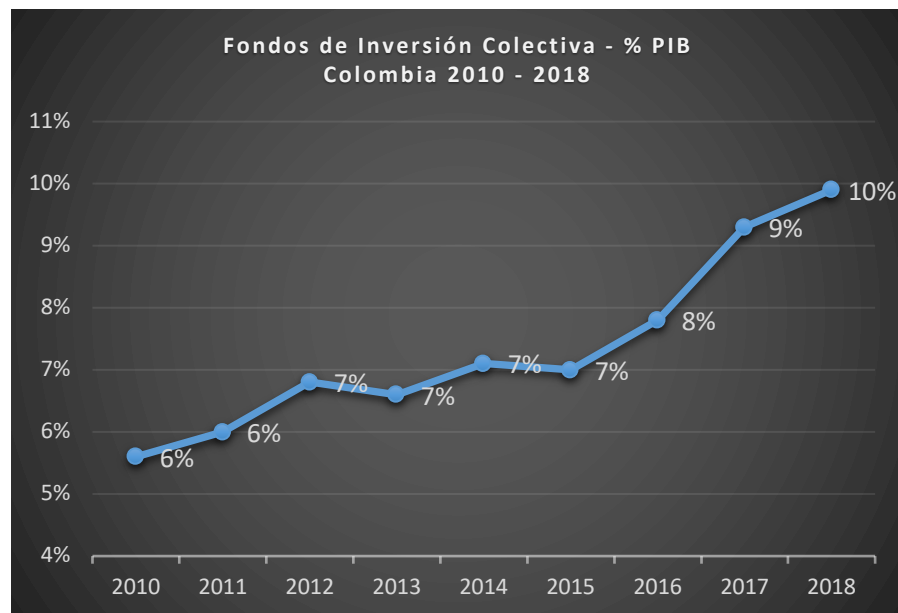
La gráfica 3 muestra el comportamiento de los volúmenes de transacciones en el periodo 2010 – 2017, como porcentaje del PIB de Colombia.

Cuando se analiza el comportamiento de los volúmenes de negociación de acciones, como porcentaje del PIB, se evidencia, para los últimos años, una recuperación y tendencia creciente para recuperar los niveles de principio de la década, de la misma manera se observa un comportamiento que confirmaría, para ese periodo de tiempo, lo

expuesto anteriormente en la cita de Blanchard respecto a los cambios en la política monetaria y los efectos en el mercado de valores.

Uno de los retos que se presentan para el mercado de capitales, es lograr un crecimiento en el país, con el que se consolide como alternativa de ahorro y generación de capital, de las personas naturales y las empresas.

Gráfica 4. Fondos de inversión colectiva, como porcentaje del PIB 2010 – 2018



Fuente: Elaboración del autor con datos Banco Mundial (2019).

Una parte del desarrollo del mercado se genera a través de los Fondos de Inversión Colectiva, convertidos en un mecanismo de ahorro e inversión administrado por Sociedades Fiduciarias, a través del cual se invierten recursos de varias personas en un portafolio de activos, conforme a lo establecido en el reglamento del respectivo fondo.

Los recursos del Fondo de Inversión Colectiva, son gestionados de manera colectiva por la entidad fiduciaria, y los resultados económicos que se obtienen, son distribuidos proporcionalmente y de manera diaria entre todos los inversionistas. De esta manera, las personas tienen acceso a un mercado profesional con costos accesibles. Es una de las herramientas de profundización del mercado de capitales, que ha venido creciendo en los últimos años.

La gráfica 4 muestra el comportamiento de los montos administrados en Fondos de Inversión Colectiva como porcentaje del PIB, estos se constituyen en vehículos especializados de inversión, con plataformas que permiten a los agentes tomar riesgos diferenciados, y dejar en manos de agentes expertos el manejo de los recursos.

Por otro lado, en el mercado de renta variable, los aumentos en la oferta de acciones a partir de los ejercicios de democratización, iniciados en empresas con ISA, y con otros como Ecopetrol o Avianca, han fortalecido la participación de inversionistas, medida por el crecimiento en el volumen de transacciones en el mercado, de mayo de 2002 a diciembre de 2015 (Bolsa de Valores de Colombia, 2013).

La evolución de este mercado ha permitido pasar de volúmenes promedio de negociación mensual, de \$90.000 millones en 2002, un año después de que se creó la Bolsa de Valores de Colombia, a alcanzar promedios superiores a los \$3.5 billones en el periodo 2011 – 2016 (Bolsa de Valores de Colombia, 2013).

2.2 Tamaño del mercado y participación de los agentes

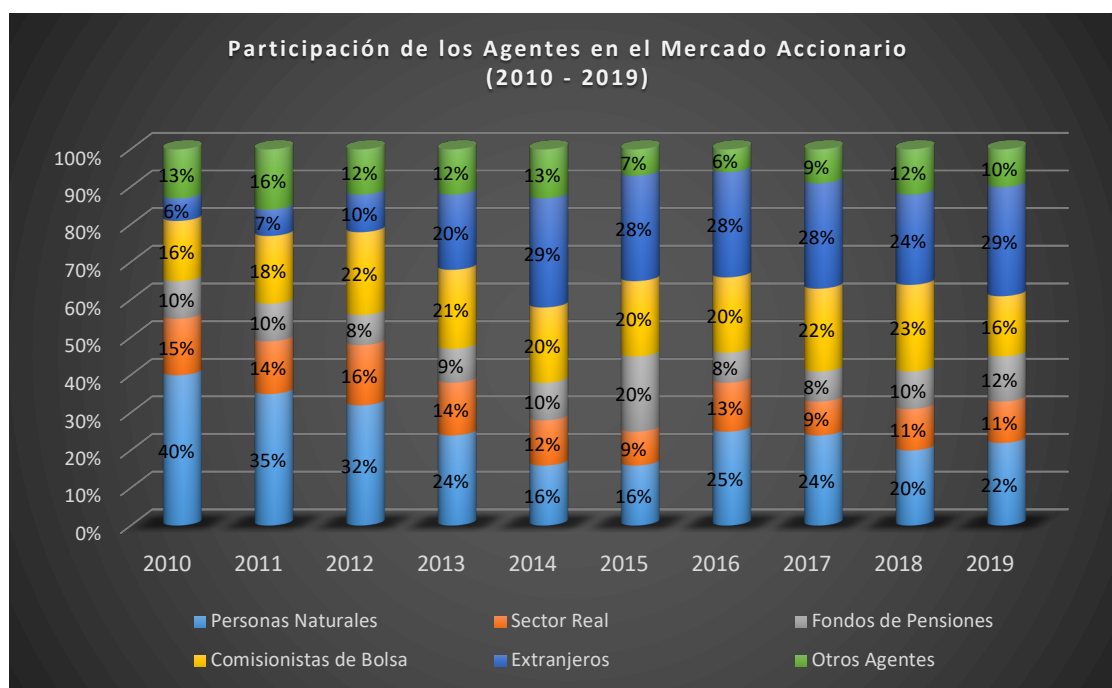
En los últimos años, Colombia se ha presentado como un país más atractivo para los inversionistas. La disminución de los niveles de riesgo país ha llamado la atención a nuevos agentes, que ahora mantienen una participación activa dentro de las operaciones del mercado.

2.2.1 Participación de los agentes en el mercado de acciones

La distribución de las operaciones entre los diferentes agentes del mercado, evidencia el crecimiento de estos durante los últimos años. La participación que tienen en cada empresa, muestra el grado de incidencia que se puede tener sobre los precios de los activos a analizar.

Este punto es relevante al analizar el tamaño de los inversionistas y su concentración, siendo los fondos extranjeros uno de los principales agentes.

Gráfica 5. Participación de los agentes en el mercado de renta variable



Fuente: BVC (2019).

La gráfica 5 muestra la participación de los diferentes agentes, en el mercado de renta variable en Colombia, durante el periodo de 2010 a 2019, evidenciado el incremento en la participación de los capitales extranjeros, así como se dan reducciones importantes en las personas naturales, tal vez generados por quiebras como la de Interbolsa, o simplemente por decisiones de desinversión de acciones, en las que se había participado por efecto de los ejercicios de democratización.

2.3 Índice de capitalización de la Bolsa de Valores de Colombia – COLCAP

El COLCAP es un índice de capitalización, que refleja las variaciones de los precios de las acciones más líquidas de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), donde la participación de cada acción en el índice, está determinada por el correspondiente valor de la capitalización bursátil ajustada (flotante de la compañía multiplicada por el último precio).

La fórmula de cálculo del COLCAP es:

$$I(t) = E \sum_{i=1}^n W_i P_i(t)$$

donde:

I(t) = Valor del índice en el instante t

E = enlace mediante el cual se da continuidad al índice cuando se presente un rebalanceo o recomposición de la canasta o en caso de darse eventos corporativos que lleven a variaciones en el índice.

t = Instante en el cual se calcula el valor del índice

i = 1, 2, ..., n acciones que componen el índice

n = número de acciones en el índice en el instante t

W_i = Ponderador de la acción i en el instante t

P_i = Precio de la acción i en el instante t.

El valor inicial del índice es equivalente a 1.000 puntos; su primer cálculo se realizó el día 15 de enero de 2008.

Las acciones que pertenecen al COLCAP cumplen unos requisitos de selección, que garantizan que el índice cumpla su objetivo de revelar el comportamiento de las acciones, de mayor capitalización en el mercado local.

El índice de capitalización bursátil, se compone de acciones de empresas cotizantes en la Bolsa de Valores de Colombia, en donde se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Debe pertenecer a la rueda continua en la fecha de corte de información.
- b) La fecha de inscripción en bolsa debe ser anterior a treinta (30) días calendario, contados desde la fecha de corte de información (incluyéndola).
- c) No se tendrán en cuenta las acciones sin dividendo.
- d) No se tendrán en cuenta derechos sobre acciones.
- e) No se tendrán en cuenta las acciones pertenecientes al Mercado Global Colombiano¹.
- f) Debe tener al menos una operación de contado que marque precio en los últimos noventa (90) días calendario, contados a partir de la fecha de corte de información (incluyéndola).
- g) No se tendrá en cuenta ningún Emisor del que se tenga información, que sea publicada como relevante de conformidad con las normas vigentes, que tenga cómo resultado directo el desliste de la acción. Cuando se menciona que la información relevante tenga como resultado directo el desliste de la acción, se hace referencia a la formulación de la OPA de desliste, el anuncio de desliste o de cualquier situación que no dependa de la ocurrencia de ningún otro evento para que formalice el desliste de la acción.

- h) No se tendrá en cuenta ninguna otra acción que por características especiales (tales como anuncio de reestructuración o liquidación o expropiación de la compañía, entre otros) la BVC resuelva excluir del cálculo. Se informará al mercado sobre estos casos en la fecha de selección de la canasta.

La participación máxima que puede tener una acción en el índice, en la fecha de cálculo de la canasta informativa es de 20%. Para tal efecto, en el proceso de cálculo de las participaciones, los excedentes serán repartidos a prorrata, entre las acciones restantes del índice que tengan una participación inferior a 20%.

La participación de la acción i dentro del índice en el instante t se define de la siguiente manera:

$$Participación_i(t) = \frac{W_i P_i(t)}{\sum_{i=1}^n W_i P_i(t)}$$

Donde:

W_i = Ponderador de la acción i en el instante t

P_i = Precio de la acción i en el instante t .

t = Instante en el cual se calcula el valor del índice

$i = 1, 2, \dots, n$ acciones que componen el índice

n = número de acciones en el índice en el instante t

La importancia del COLCAP, es la representatividad que tienen las acciones dentro de la metodología de cálculo, su participación en el mercado medido a través de la

capitalización de las empresas, pero con límites claros que no permiten que una sola acción acapare el protagonismo, no obstante, con reconocimiento de las empresas más grandes y su papel en el mercado accionario colombiano.

A continuación, la tabla 1 muestra la composición de la canasta de COLCAP, allí se encuentran, en los primeros lugares, las empresas seleccionadas para el análisis y la aplicación de pruebas de este trabajo.

Tabla 1. Empresas colombianas por capitalización bursátil

DESCRIPCIÓN	PARTICIPACIÓN
ECOPETROL S.A.	17,407%
BANCOLOMBIA S.A.	12,376%
GRUPO INVERSIONES SURAMERICANA	7,167%
GRUPO NUTRESA S.A.	6,649%
BANCOLOMBIA S.A.	6,382%
INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	6,332%
GRUPO ARGOS S.A.	5,042%
GRUPO AVAL ACCIONES Y VALORES S.A.	4,960%
EMPRESA DE ENERGIA DE BOGOTA S.A. E.S.P.	4,395%
GRUPO INVERSIONES SURAMERICANA	3,600%
BANCO DAVIVIENDA S.A.	3,166%
GRUPO ARGOS S.A.	3,141%
CEMENTOS ARGOS S.A.	3,084%
ALMACENES EXITO S.A.	2,916%
BANCO DE BOGOTA S.A.	2,714%
CELSIA S.A E.S.P	2,562%
CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA S.A.	2,407%
CEMENTOS ARGOS S.A.	1,543%
PROMIGAS S.A. E.S.P.	1,277%
CEMEX LATAM HOLDING	0,918%
AVIANCA HOLDINGS S.A	0,710%
GRUPO AVAL ACCIONES Y VALORES S.A.	0,623%
CANACOL ENERGY LTD	0,389%
EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE BOGOTA S.A. E.S.P.	0,129%
CONSTRUCTORA CONCRETO S.A	0,113%

Fuente: Bolsa de Valores de Colombia (2019)

Como se observa, la acción de Ecopetrol encabeza el ranking de empresas, con una participación en el índice de 17,40%, mientras que Preferencial Bancolombia ocupa el puesto 2 con una participación de 12,37%.

El auge del mercado de capitales, las utilidades obtenidas y el crecimiento del precio de las acciones inscritas en la bolsa, han permitido el incremento de la capitalización bursátil de las empresas que se encuentran representadas en el COLCAP.

Así, con este impulso y crecimiento de la actividad bursátil en Colombia, es importante evaluar si el mercado local es eficiente, al momento de determinar el precio de las acciones de compañías inscritas en bolsa.

Tal como lo define la teoría, si la función principal del mercado de capitales, es la asignación del capital social de las empresas en la economía, entendiendo esto como un escenario en el que se den señales claras para la asignación de recursos (Malkiel & Fama, 1970). De esta forma, se tendría un mercado en el que los precios de los activos, reflejen de manera adecuada las actividades que realizan las empresas en su función productiva. En otras palabras, un lugar en el que los precios siempre reflejan la información disponible, es nombrado como Mercado Eficiente (Malkiel & Fama, 1970).

2.4 Información privilegiada y manejo de información en Colombia

El principio fundamental de la eficiencia del mercado de capitales, consiste en el manejo de la información y es imposible tener beneficios económicos por su comercio, sobre la base de un acceso universal de parte del mercado a esta (Jensen, 1978).

La legislación Colombiana tiene establecida, dentro del mercado de capitales, la regulación al manejo de la información privilegiada, y la considera como cualquiera de carácter concreto que no sea de conocimiento del público, y que tendría en cuenta un inversionista razonable al negociar valores (Valores, 2014).

Igualmente, dentro de la autorregulación del mercado se contempla que:
Se entiende que hay uso indebido de información relevante o confidencial cuando (Valores, 2014):

- Se realice, se imparta una orden, o se instruya la celebración de una o varias operaciones en el mercado de valores, directa o indirectamente, teniendo conocimiento de información privilegiada relacionada con los valores objeto de las operaciones, órdenes o instrucciones.
- Se suministre, proporcione o transmita dicha información a otra u otras personas, salvo cuando se actúe en cumplimiento de un deber legal o contractual.
- Se emitan recomendaciones o se aconseje la adquisición o venta de un valor en el mercado, con fundamento en la información privilegiada.

En el contexto local del mercado de capitales, y a la luz del manejo regulatorio que se da sobre el uso de información, se podría decir, desde el punto de vista teórico, que el acceso y manejo de esta se encuentra en términos de la regulación disponible, y además se adecúa a las condiciones planteadas sobre los mercados eficientes.

Aplicación de conceptos y presentación de resultados

3.1 Modelo y pruebas estadísticas de mercado eficiente

Las distorsiones de mercado, como la asimetría de la información, la ausencia de liquidez, el poder de mercado y los resultados proporcionados por herramientas como los modelos de valoración financiera, conllevan a que los agentes se fijen diferentes perspectivas sobre los precios de los activos ,según el grado de información al que tienen acceso.

Al realizar la revisión de la literatura de la eficiencia de mercado, se encuentra que la forma de analizarla es a través de la revisión histórica de los retornos del índice de mercado, (Dorina & Simina, 2007). De tal forma que el marco de observación de los rendimientos se hace diariamente a través del COLCAP, y cuatro acciones que representan sectores económicos relevantes para la economía colombiana, desde diciembre del 2011 hasta diciembre del 2018.

Tabla 2. Pruebas de curtosis y sesgo

Retornos	media	Varianza	Kurtosis	p-v	Sesgo	p-v
ECOPETROL	-0.1323	3.3583	6.9982	< 1%	-0.43889	< 1%
ISA	-0.0383	3.295	6.5361	< 1%	-0.28995	< 1%
CEMARGOS	0.0508	2.9797	5.2119	< 1%	-0.34607	< 1%
BCOLOMBIA	-0.0291	2.2126	4.9631	< 1%	-0.05059	50.90%
COLCAP	-0.0314	0.8512	5.4266	< 1%	-0.11025	15.50%

Fuente: Elaboración del autor

La tabla 2 muestra un resumen estadístico, que proporciona información sobre la estructura y densidad de probabilidad de los retornos. Se observa que los retornos sobre todos los índices, muestran un nivel de apuntamiento superior al exhibido por una distribución normal estándar, un fenómeno que es común para series históricas de retornos de origen financiero; mientras que, el coeficiente de asimetría o sesgo que proporciona detalles sobre la forma de la densidad de probabilidad es simétrica, en el caso del COLCAP y Bancolombia, en contraste con los otros índices, cuyo comportamiento experimenta ligeros sesgos distribucionales.

Posteriormente, se examina la prueba de independencia BDS (ver tabla 3), y se establece si existe algún grado de dependencia serial en la secuencia de retornos.

Para su construcción y análisis se utilizan dos dimensiones: 2 y 3, así que para cada una de las series analizadas se observó, de manera generalizada, que los retornos exhiben algún grado de dependencia.

Sin embargo, como se comentó en el capítulo uno, se evalúan otras pruebas estadísticas para encontrar mayores argumentos sobre independencia de los retornos, como puede observarse en la tabla 4.

Tabla 3. Prueba BDS

Retornos	Dimension				
	2			3	
	epsilon	BDS	p-v	BDS	p-v
ECOPETROL	0.9163	6.9947	< 1%	9.848	< 1%
	1.8326	5.9959	< 1%	8.0000	< 1%
	2.7489	5.7584	< 1%	6.7529	< 1%
	3.6652	5.8044	< 1%	6.0621	< 1%
ISA	0.9076	6.094	< 1%	7.2582	< 1%
	1.8152	5.6362	< 1%	6.7828	< 1%
	2.7228	5.6051	< 1%	6.2836	< 1%
	3.6304	5.4611	< 1%	5.9725	< 1%
CEMARGOS	0.8631	6.3769	< 1%	7.7427	< 1%
	1.7262	7.124	< 1%	7.8919	< 1%
	2.5893	6.1271	< 1%	6.9162	< 1%
	3.4524	4.1515	< 1%	5.0786	< 1%
BCOLOMBIA	0.7438	4.5963	< 1%	7.7732	< 1%
	1.4875	4.9614	< 1%	7.0268	< 1%
	2.23134	4.8413	< 1%	6.4972	< 1%
	2.975	4.9032	< 1%	5.8722	< 1%
COLCAP	0.4613	6.6357	< 1%	8.7182	< 1%
	0.9226	7.6086	< 1%	9.2086	< 1%
	1.3840	8.09934	< 1%	9.0606	< 1%
	1.8453	8.4973	< 1%	9.2544	< 1%

Fuente: Elaboración del autor

Las pruebas de Bartlett, el signo y Mann-Kendall (MK), muestran que la secuencia de retornos de Cemargos y Bancolombia, exhiben comportamientos aleatorios a un nivel de significación del 5% a través de todas las pruebas estadísticas, mientras que ISA y Ecopetrol, muestran dinámicas de no aleatoriedad como lo exhibe el test del signo. Con relación al COLCAP, se observa que los retornos exhiben comportamientos no aleatorios en dos de las tres pruebas, indicando ausencia de aleatoriedad.

En este sentido, se observa que existe al menos una prueba estadística para cada índice, que muestra evidencias de independencia.

Tabla 4. Prueba de Aleatoriedad

Retornos	Test Bartlet	p-v	Test Signo	p-v	Test MK	p-v
ECOPETROL	-1.0774	28.13%	-3.8534	< 1%	-3.0723	0.21%
ISA	1.7165	8.61%	-2.1480	3.17%	0.0176	98.59%
CEMARGOS	1.0644	28.71%	-0.4439	65.71%	0.9639	33.51%
BCOLOMBIA	1.3522	17.63%	-0.7167	47.36%	-1.1586	24.66%
COLCAP	-3.8963	< 1%	-1.0987	27.19%	-2.3101	2.08%

Elaboración del autor

Finalmente, se estimó una estructura ARMA+GARCH para cada secuencia de retornos. Los resultados se presentan en la tabla 5.

En la tabla 5 se puede apreciar la estimación de los parámetros que definen la media (μ -mu, ϕ -AR, ω -omega, α -alpha y β -Beta), seguido por las pruebas estadísticas de significación al 5% y, finalmente, las pruebas de hipótesis sobre los residuales del modelo ajustado, para cada secuencia de retornos.

Se observa que la estimación del parámetro autorregresivo (ϕ -AR) sobre los retornos de Ecopetrol, ISA y Cemargos, exhibe una dinámica del tipo caminata aleatoria, en la medida en que el coeficiente AR no es estadísticamente significativo, es decir que $\phi = 0$, es una situación que contrasta con los resultados obtenidos por el modelo de media, del COLCAP y Bancolombia.

Por otro lado, la ecuación de volatilidad representada a través del modelo GARCH (ω -omega, α -alpha y β -Beta), ilustra las variaciones implícitas en la serie de retornos en notoria presencia de heterocedasticidad, como es frecuente en las series financieras. Esto es coherente con la realidad, puesto que el grado de fluctuación de los precios en el

tiempo, depende del nivel de incertidumbre generado por factores que pueden ser de social, económico, financiero o político. En general, se encuentra información que puede llevar de épocas de calma en los mercados financieros, a periodos donde se altera la volatilidad de estos, como una señal de incertidumbre.

Según la teoría de los modelos de volatilidad condicional (Peña et al., 2011), al extraer los residuales de los modelos ajustados, se espera que la dinámica de esta secuencia de datos, sea el de una serie independiente e igualmente distribuida; un procedimiento estadístico que permite validar la calidad del modelo, en la descripción del comportamiento de los retornos.

Para evaluar este desempeño se realizan las pruebas de Ljun-Box sobre los residuales, y los residuales al cuadrado representado a través de “LjunBox1 p-v” y “LjunBox2 p-v”, para medir independencia y heterocedasticidad, respectivamente (Ver tabla 5).

Posteriormente, se realizan las pruebas de independencia del Signo, MK, Bartlet y BDS, reportando los p-valores. Se termina con la prueba de normalidad y se exhibe el p-valor. La interpretación de las pruebas estadísticas se realiza de la misma manera que la anterior.

Como puede apreciarse en la tabla 5, los residuales de los modelos de retornos ajustados para Cemargos y Bancolombia presentan un buen comportamiento, es decir, presentan una secuencia no-correlacionada e independiente, a excepción del desempeño de la serie de residuales de Bancolombia bajo la prueba BDS.

En ninguno de los dos casos hay evidencias de normalidad, debido a que el comportamiento de los retornos se evidenció muy diferente de esta clase de distribución, como se explicó cuando se describió el resumen estadístico de las series de retornos, en particular la curtosis (ver tabla 2).

Por otro lado, los residuales del modelo ajustado para Ecopetrol muestran ausencia de independencia, aunque haya evidencias estadísticas a favor de no correlación serial y estructura homocedástica. Esto refleja que el comportamiento de los retornos del activo es altamente volátil, sobrepasando el modelo especificado. En el caso del COLCAP, los residuales del modelo son una secuencia no correlacionada, homocedástica e independiente sin que puedan distribuirse normalmente.

Se puede concluir, respecto a los modelos presentados, que las series de retornos no subyacen a un proceso generador aleatorio, por tal razón, pueden ser modeladas y pronosticadas con un margen de error.

El resultado obtenido, donde se indica que no existe un proceso generador aleatorio (Random Walk), permite ver la ausencia de eficiencia de mercado en el sentido débil, según los postulados de Fama sobre el mercado de capitales doméstico, analizado sobre el índice COLCAP y las cuatro acciones evaluadas.

Por otro lado, cabe destacar que las series de retornos de Ecopetrol, ISA y Cemargos siguen caminatas aleatorias con una estructura heterocedástica, sin embargo,

solamente los residuales del modelo de ISA y Cemargos, mostraron ser una secuencia no-correlacionada e independiente sobre todas las pruebas estadísticas.

El modelo ajustado para Bancolombia, podría experimentar las mismas propiedades de los modelos descritos anteriormente, si se evalúan las pruebas sobre la estructura AR a un nivel de significación al 1%. Por último, los retornos del COLCAP resultaron estar correlacionados (parámetro AR), situación que lo desliga por completo de las propiedades de eficiencia.

Tabla 5. Estimación modelo AR(1)+GARCH(1,1)

Clasificación	Parámetros	COLCAP	ECOPETROL	ISA	CEMARGOS	BCOLOMBIA
Parámetros Estimados AR(1)+GARCH(1,1)	mu	-0.0033	-0.0704	0.0053	0.0195	-0.0108
	AR(1)	0.1235	0.0567	-0.0540	-0.0390	-0.0678
	Omega	0.0646	0.0548	0.1563	0.3359	0.0595
	alpha	0.1732	0.0680	0.1255	0.1177	0.0631
	Beta	0.7547	0.9197	0.8318	0.7748	0.9114
P-Valor parámetro Estimado, Nivel Significación 5%	mu	90.65%	18.29%	90.95%	69.01%	78.71%
	AR(1)	< 1%	9.67%	12.67%	26.55%	4.04%
	Omega	1.19%	2.02%	1.32%	< 1%	4.49%
	alpha	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%
	Beta	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%
Pruebas Correlación serial, Heterocedasticidad, Aleatoridad Residuales modelos Ajustados	LjungBox1 p-v	51.4%	69.6%	92.5%	99.8%	92.5%
	LjungBox2 p-v	63.2%	88.1%	80.4%	87.6%	53.3%
	Test Signo	-0.7691	-2.3074	0.0100	-0.5493	-0.4395
	p-v	44.18%	2.10%	99.90%	58.27%	66.03%
	Test MK	-2.0835	-2.9769	0.2077	-0.5556	-0.9672
	p-v	3.72%	0.29%	83.55%	57.85%	33.34%
	Test Bartlett	-0.0450	0.1600	0.2892	-0.2806	-0.5706
	p-v	96.40%	87.28%	77.24%	77.90%	56.82%
	BDS d=2 p-v	15.36%	0.66%	38.41%	23.67%	2.50%
	BDS d=3 p-v	16.71%	0.55%	49.40%	24.57%	2.49%
	Normal (JBTest)	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%

LjungBox1 es la prueba de Ljung-Box sobre los residuales; LjungBox2 es la prueba de Ljung-Box sobre los residuales al cuadrado

En los dos casos se proporciona el p-valor (p-v)

Fuente: Elaboración del autor

Finalmente, se concluye que el modelo ajustado para el COLCAP no es una caminata aleatoria, e incorpora una estructura heterocedástica. Por este motivo, este

simple modelo refleja el grado de incertidumbre, generado sobre la evolución de la serie de retornos, que propician los desequilibrios de la información que tienen los agentes.

Si la información a la que acceden los agentes se presentara de manera completa, cualquier factor de índole interno y externo no debería afectar la dinámica de los retornos, por consiguiente, se prueba empíricamente la ausencia de características de eficiencia de mercado, como se expuso en el capítulo anterior.

El análisis de los retornos medidos del índice y las cuatro acciones, evidenció que no hay un comportamiento de caminata aleatoria en el sentido estadístico, lo que implica, a la luz de la teoría, que sería viable obtener retornos adicionales, modelando series de tiempo de los precios de las acciones y volúmenes (análisis técnico).

Conclusiones

En el presente trabajo se desarrollaron pruebas estadísticas, tendientes a evaluar la existencia de eficiencia del mercado accionario colombiano en el sentido débil, medido a través del índice COLCAP junto con cuatro de las empresas más significativas, dentro de los indicadores de capitalización bursátil, escogidos a partir de muestreo selectivo, buscando obtener una empresa representativa dentro del sector de petróleos (Ecopetrol), del sector de construcción (Cemargos), del sector de energía (ISA) y del sector financiero (Bancolombia).

Con relación al COLCAP, se buscó llegar a evidencias sobre la eficiencia de mercado, en forma semejante a la realizada por otras investigaciones internacionales, respecto a la dinámica del mercado de capitales en economías emergentes, de tal forma que se utilizó una conjunto de herramientas estadísticas, ampliamente relacionadas con el estudio de la eficiencia de mercado, para medir el desempeño de los indicadores del mercado bursátil en Colombia.

En este caso fueron utilizadas pruebas estadísticas paramétricas y no-paramétricas, para identificar aleatoriedad sobre una secuencia de retornos. Fue así como los resultados obtenidos a través de las pruebas estadísticas, mostraron evidencias de la inexistencia de eficiencia en el sentido débil según la definición de las investigaciones consultadas.

Del mismo modo, la investigación incorpora un análisis donde se implementa un modelo de media, con estructura heterocedástica, para establecer empíricamente si el conjunto de datos exhibe las particularidades propias de eficiencia.

Finalmente, los resultados exhiben que la secuencia de retornos, para cada uno de los índices bajo estudio, no es una caminata aleatoria como fue el caso del índice de mercado COLCAP, en contraste con el comportamiento exhibido por la serie de retornos de Ecopetrol, Isa y Cemargos.

La conclusión del ejercicio revela que cada secuencia de retornos puede modelarse, y muestra cómo los agentes forman sus posiciones de mercado, con base en expectativas y asimetrías de información.

En ese marco, se estableció que la estructura empresarial de las industrias que conforman el índice, los niveles de participación de los agentes y el grado de democratización, se proponen como limitantes teóricas a la eficiencia del mercado, en el sentido del manejo de la información y sobre la base de los retornos. Así pues, la participación de los agentes en un mercado con pocos actores, genera que los modelos no funcionen como se espera.

Las principales dificultades que se presentaron al realizar la investigación fueron:

1. Relativamente, corta historia de cotización en bolsa de las empresas ISA y Ecopetrol, en el contexto de un mercado de bajo desarrollo.
2. Concentración de accionistas en el mercado accionario y estructuras tipo enroque, permitidas por la regulación vigente, que generan distorsiones en la dinámica de

los precios y, por ende, en la capacidad de los modelos para predecir eficientemente dinámicas de tendencia o volatilidad.

Se concluye, inicialmente, que los sectores de mayor representatividad en la Bolsa de Valores de Colombia, evidencian unos niveles de concentración que dificultan los análisis entre las empresas.

El trabajo realizado abre una línea de investigación a partir de los análisis de valoración, y de mercado de empresas cotizantes en la Bolsa de Valores de Colombia, enfocándose en análisis de horizontes de mayor tiempo, desde la construcción de bases de información que permitan hacer comparables las empresas.

El trabajo, además, establece posiciones sobre el valor de las empresas frente a sus limitantes, las consecuencias de la concentración y la participación en el mercado, sobre los que además el regulador puede entrar a trabajar, con el fin de garantizar una mayor transparencia en la toma de decisiones de inversión.

Finalmente, se evidencia que el mercado de capitales colombiano, no es eficiente en la determinación del valor de las empresas que cotizan en bolsa, a partir del análisis de series y retornos analizados, a la luz de las teorías de Fama y otros autores.

En otras palabras, el hecho de que se haya conseguido estimar un modelo para los retornos del índice de mercado, permite concluir que existe una estructura inherente en los datos, que puede predecirse debido a la formación y descuento de expectativas que se forman los agentes, con base en la información a la que tienen acceso, la cual es

limitada, incompleta e inexacta. Esta situación, por supuesto, convierte a los modelos en aproximaciones para predecir los retornos y volatilidad futura.

Bibliografía

- Banco de la República, S. M. y. d. I. L., Mesa de Dinero. (2019). *Tasa de intervención Banco de la República* 1.1. Serie histórica según la fecha de modificación de la tasa. In. Bogotá, Colombia.
- Banco de la República, S. M. y. d. R., Mesa de Dinero. (2014). Serie Histórica de las tasas de intervención en Colombia 1995 - 2013. In. http://www.banrep.gov.co/series-estadisticas/see_tas_intervencion.htm#TIBR.
- Blanchard, O. J. (1981). Output, the Stock Market, and Interest Rates. *The American Economic Review*, 71(1), 132-143. doi:10.2307/1805045
- Bolsa de Valores de Colombia, B. (2013). Serie IGBC Valor y Volumen Operado. from Bloomberg
- Bower, R. S., & Bower, D. H. (1969). Risk and the Valuation of Common Stock. *Journal of Political Economy*, 77(3), 349-362. doi:10.2307/1828908
- Box, G. E. P., & Pierce, D. A. (1970). Distribution of residual autocorrelations in autoregressive-integrated moving average time series models. *Journal of the American statistical Association*, 65(332), 1509-1526.
- Broock, W. A., Scheinkman, J. A., Dechert, W. D., & LeBaron, B. (1996). A test for independence based on the correlation dimension. *Econometric reviews*, 15(3), 197-235.
- Burton, G. M. (1989). Is the Stock Market Efficient? *Science*, 243(4896), 1313-1318. doi:10.2307/1703677
- Burton, G. M. (2003). The Efficient Market Hypothesis and Its Critics. *The Journal of Economic Perspectives*, 17(1), 59-82. doi:10.2307/3216840
- BVC. (2019). Informe Mensual de Flujos de Fondos de Inversión. 68. Retrieved from https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/IE/Informe_Flujos?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=38aa7401_16b9dbdf_d17_372bc0a84ca9&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com.tibco.ps.page.svc.targetPage=1f9a1c33_132040fa022_-78750a0a600b&com.tibco.ps.pagesvc.mode=resource&rp.redirectPage=1f9a1c33_132040fa022_-787e0a0a600b
- Damodaran, A. (2012). Equity Risk Premiums (ERP): Determinants, Estimation and Implications—The 2012 Edition. *Estimation and Implications—the*.
- DANE. (2019). Anexos_Produccion_Constantes_II_2019. In Anexos_Produccion_Constantes_II_2019 (Ed.). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales>: DANE.
- Dorina, L., & Simina, U. (2007). Testing efficiency of the stock market in emerging economies. *The Journal of the Faculty of Economics-Economic Science Series*, 2, 827-831.
- Fama, E. F. (1991). Efficient capital markets: II. *The journal of finance*, 46(5), 1575-1617.
- Jensen, M. C. (1978). Some anomalous evidence regarding market efficiency. *Journal of financial economics*, 6(2), 95-101.
- Koller, T., Goedhart, M., & Wessels, D. (2005). The right role for multiples in valuation. *McKinsey on Finance*(15), 7-11.
- Kuan, C.-M. (2008). Lecture on time series diagnostic tests. *Institute of Economics Academia*.

- Malkiel, B. G., & Fama, E. F. (1970). EFFICIENT CAPITAL MARKETS: A REVIEW OF THEORY AND EMPIRICAL WORK*. *The journal of Finance*, 25(2), 383-417.
- Peña, D., Tiao, G. C., & Tsay, R. S. (2011). *A course in time series analysis* (Vol. 322): John Wiley & Sons.
- Timmermann, A., & Granger, C. W. J. (2004). Efficient market hypothesis and forecasting. *International Journal of Forecasting*, 20(1), 15-27.
- Valores, A. C. A. d. M. (2014). *Reglamento sobre utilización indebida de información privilegiada en la intermediación de valores* www.amvcolombia.org.co.
- Wang, Y. (2003). Nonparametric tests for randomness. *ECE*, 461, 1-11.
- Worthington, A. C., & Higgs, H. (2003). Tests of random walks and market efficiency in Latin American stock markets: An empirical note. Discussion Paper No. 157.